

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО НОВОМУ МЕТОДУ ЭЦР НАГРЕВА ПЛАЗМЫ НА ГДЛ ^{*)}

²Соломахин А.Л., ¹Господчиков Е.Д., ²Лизунов А.А., ¹Лубяко Л.В., ²Пинженин Е.И.,
¹Смолякова О.Б., ¹Шалашов А.Г.

¹ИПФ РАН, Нижний Новгород, РФ, egos@ipfran.ru

²Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, РФ,
A.L.Solomakhin@inp.nsk.su

Газодинамическая ловушка (ГДЛ) является прототипом термоядерного источника нейтронов для материаловедения, дожигания радиоактивных отходов и гибридного термоядерного реактора [1]. Нейтроны в ГДЛ рождаются в результате реакции термоядерного синтеза при столкновениях в популяции горячих ионов, которые образуются в процессе захвата мощных нейтральных пучков мишенной плазмы. Нейтронный поток пропорционален квадрату времени жизни горячих ионов в плазме. Одним из основных механизмов, определяющих время жизни горячих ионов, является их взаимодействие с электронами. Причём чем меньше температура электронов, тем быстрее горячие ионы теряют свою энергию при столкновениях с электронами. Для увеличения температуры электронов и соответственно времени жизни горячих ионов на ГДЛ применяется дополнительный электронный циклотронный резонансный (ЭЦР) нагрев на первой гармонике необыкновенной волны [2]. Этот метод показал свою эффективность для увеличения электронной температуры, плотности горячих ионов и нейтронного потока [3].

Однако применение этого метода ЭЦР нагрева сопряжено с рядом трудностей, которые накладывают ограничения на параметры плазмы и магнитную конфигурацию установки. Для решения части этих проблем на ГДЛ был предложен ЭЦР нагрев на второй гармонике необыкновенной волны. Моделирование с помощью геометрикооптического численного кода даёт при электронной температуре на оси 200 эВ поглощение от 0 до 90% инжектированной мощности в зависимости от плотности плазмы и угла инъекции. Энерговыведение происходит в широкой области плазмы, что не должно приводить к возникновению МГД неустойчивостей плазмы.

Для реализации этого метода одна из двух СВЧ систем для ЭЦР нагрева на первой гармонике была переделана. Старый гиротрон мощностью 400 кВт был заменён на новый мощностью 800 кВт и частотой 54.5 ГГц. Также была модернизирована криогенная система. Заливной криостат был заменён на сухой криомагнит. Новый гиротрон мощнее старого и оснащён системой рекуперации, поэтому для него была собрана новая более мощная и с большим энергозапасом система питания. Циклотронный резонанс на второй гармонике расположен в другом месте установки, поэтому волноводная линия и квазиоптическая система ввода излучения в плазму были переделаны. Новая система позволяет производить инъекцию сфокусированного СВЧ пучка в плазму в область с магнитным полем 0.973 Т, что соответствует второй гармонике электронного циклотронного резонанса на частоте 54.5 ГГц. При этом система ввода позволяет изменять угол инъекции в диапазоне 74° - 84° к оси и -5° - 5° в перпендикулярной плоскости. Изменение угла позволяет менять область энерговыведения в плазме, а также компенсировать рефракцию излучения в плотной плазме.

Литература

- [1]. A.A.Ivanov and V.V.Prikhodko, Plasma Phys. Control. Fusion, 2013, 55, 063001
- [2]. A.G.Shalashov et al., Physics of Plasmas, 2012, 19, 052503
- [3]. P.A.Bagryansky et al., Nuclear Fusion, 2015, 55, 053009

^{*)} DOI – тезисы на английском